

U.S. Application No. 09/870,702  
Attorney Docket No. 04329.2072-01

**REMARKS**

Applicants provide English language Abstracts for JP 02526986 B2 and JP 2054101 (Publication No. JP 07-86647) as requested by the Examiner in paragraph number 2 of the Office Action dated June 6, 2003. Further, in response to the Examiner's suggestion, claims 1 and 18 have been amended. Applicants respectfully submit that these amendments are fully supported by the originally filed Application. Applicants also cancel claims 54 and 55. With this amendment, claims 1-53 are pending in the Application, with claims 35-53 having been withdrawn from consideration by the Election made March 21, 2003.

In view of the foregoing amendments and remarks, Applicants respectfully request reconsideration of this application and the allowance of the pending claims.

Please grant any extensions of time required to enter this response and charge any additional required fees to our deposit account 06-0916.

Respectfully submitted,

FINNEGAN, HENDERSON, FARABOW,  
GARRETT & DUNNER, L.L.P.

Dated: September 3, 2003

By: 

Jonathan A. Hack  
Reg. No. 47,623

**Attachments: References JP 2054101 and JP 2526986 with English  
Language Abstracts**

FINNEGAN  
HENDERSON  
FARABOW  
GARRETT &  
DUNNER LLP

1300 I Street, NW  
Washington, DC 20005  
202.408.4000  
Fax 202.408.4400  
www.finnegan.com



## Document Summary



[Preview Claims](#)

[Preview Full Text](#)

[Preview Full Image](#)

Email Link:

Document ID: JP 02526986 B2

Title: LIGHTING DEVICE

Assignee: NIKON CORP

Inventor: ICHIHARA YUTAKA

US Class:

Int'l Class: [G] H01S 3/101 A; G03F 7/20 B; H01L 21/027 B

Issue Date: 08/21/1996

Filing Date: 05/18/1988

### Abstract:

**PURPOSE:** To nip the development of speckles in the bud, by giving optical path differences which are larger than coherent distances of laser beams to respective divided laser beams.

**CONSTITUTION:** An excimer laser oscillator is manufactured in a stable resonator type which has a dispersing element in a resonator. A laser beam 1 which is emitted by the above oscillator enters into a beam dividing apparatus 2 and four pieces of laser beams having each intensity that is almost 25% of original one are emitted. Being a raw material for the beam dividing apparatus 2, a silica plate makes its thickness sufficiently thick so that an optical path difference of each beam becomes exceedingly larger than a coherent distance  $\lambda/2$  and then, these beams become incoherent each other. As this approach makes respective beams divided in this way incoherent each other and allows a number of them to be lined up in the lateral direction, no speckles develop in this device.

(C)1989, JPO&Japio

NOTE: This Registered Patent Specification (Toroku) results from Published Japanese

[http://aurigin/epiweb/webbench.dll?cmd=DisplayAbstract&session\\_id=d482a75ddf6b47a...](http://aurigin/epiweb/webbench.dll?cmd=DisplayAbstract&session_id=d482a75ddf6b47a...) 8/25/2003

Document Summary: JP 0252036 B2

Page 2 of 2

Application (Kokai) 01-290276 A2.

---

Copyright © 1993-2000 Aurig Systems, Inc.  
Legal Notices

[http://aurigin/spiweb/webbench.all?cmd=DisplayAbstract&session\\_id=d482a75ddf6b47e...](http://aurigin/spiweb/webbench.all?cmd=DisplayAbstract&session_id=d482a75ddf6b47e...) 6/25/2003

E-66070 光路差発生

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

第2526986号

(45) 発行日 平成8年(1996)8月21日

(24) 登録日 平成8年(1996)6月14日

(51) Int. Cl. <sup>4</sup>	識別記号	片内整理番号	F1	技術表示箇所
H01S 3/101			H01S 3/101	
G03F 7/20	505		G03F 7/20	505
H01L 21/027			H01L 21/30	527

請求項の数1(全4頁)

(21) 出願番号 特願昭63-119341

(22) 出願日 昭和63年(1988)5月18日

(65) 公開番号 特開平1-290276

(43) 公開日 平成1年(1989)11月22日

(73) 特許権者 999999999

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 市原 裕

東京都品川区西大井1丁目6番3号 株

式会社ニコン大井製作所内

(74) 代理人 弁護士 佐藤 正年

審査官 原 光明

(56) 参考文献 特開 昭62-25453 (JP, A)

特開 昭63-216338 (JP, A)

特開 昭63-211624 (JP, A)

特開 平1-119020 (JP, A)

特開 平1-287924 (JP, A)

特開 平1-152411 (JP, A)

特開 昭63-173322 (JP, A)

(54) 【発明の名称】 照明装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 出力するべきレーザービームのスペクトル幅を狭帯化する手段を備え、縦横比が異なる断面形状のレーザービームを出力する安定共振型レーザー光源と、この光源から出力されたレーザービームをその進行方向に対して平行に、且つ前記レーザービームの断面の短手方向に沿ってほぼ等間隔に配列された複数のレーザービームに分割するとともに、この分割された各々のレーザービームにレーザービームの可干渉距離よりも大きな光路差を与える分割手段と、この分割手段により分割された複数のレーザービームを適宜径に集めて被照射対象を照明する照明手段とを備え、前記レーザー光源と前記照明手段との間の光路中に、入射してきたレーザービームを偏光の異なる複数のビームに分割する複屈折素子が配置されていることを特徴とする照

明装置。

【発明の詳細な説明】

【産業上の利用分野】

本発明は照明装置に係るものであり、例えばエキシマレーザを用いた集積回路製造用露光装置等に好適な照明装置に関するものである。

【従来の技術】

近年、集積回路の製造に使用される露光装置の光源として、エキシマレーザが注目されている。

このエキシマレーザは、現在最も有力な短波長光源であり、近年の集積回路の高集積化に伴ない要求される高い線幅精度の達成に好適なものである。

この種の露光光源として、従来から実用に供されているエキシマレーザ光源は、安定共振器型とインジェクションロック型とに大別される。

(2)

第2526986号

第2図に示されるものは、安定共振器型と称されるものである。図において、誘導放出を起させる放電管12aの両端には、二個の共振器用ミラー11a, 11bが配置され、共振器を構成している。この二個の共振器用ミラー11a, 11bの間を光が往復することにより、誘導放出された光の振幅が強められ、レーザービーム15が出射される。

この安定共振器型レーザー光源の欠点は、出射されたレーザービーム15の空間的及び時間的コヒーレンシーが低いことである。時間的コヒーレンシーが低いということは、換言すれば、スペクトルの半値幅が広い( $\Delta\lambda \approx 0.4\text{nm}$ )ということである。従って、投影レンズの色消し(色差補正)が必要となり、この波長領域で実用的なレンズを作ることは困難である。

また、第3図に示されるものは、インジェクションロック型と称されるものである。これは、発振器段(第3図上、上段側)と増幅器段(第3図、下段側)とからなる二段構成であり、発振器段においては、二個の共振器用ミラー11a, 11bが配置されている点は前述の安定共振器型と同様である。但し、この型の発振器段には、所定の領域の波長を選択するエタロン、回折格子等の分散素子13が備えられている。更に発振器段の放電管12aの両端には、レーザービームを絞るアパーチャー16が配置されている。これら分散素子13及びアパーチャー16を備えたことにより、発振されるレーザービームのスペクトルの半値幅が狭く( $\Delta\lambda \approx 0.001\text{nm}$ )なり、単色性が向上する。この発振器段から発振されたレーザービームは、ミラー17で反射して増幅器段に入射する。

一方、増幅器段の放電管12bの両端には、不安定共振器用ミラー14a, 14bが凸状面と凹状面を向い合せて配設されており、入射したレーザービームは、これら不安定共振器用ミラー14a, 14bによって増幅され出射する。

このインジェクションロック型レーザー光源から出射するレーザービーム15の特徴は、単色性及び時間的コヒーレンシーが高いことである。従って、投影レンズには色消しの必要がなく、単一の硝材(石英)のみでレンズを製造することが可能であり、設計、製造とも容易であるという利点を有している。しかしながら、このレーザービームは、不安定共振器によって増幅されているため空間的コヒーレンシーは極めて高い。そのため、露光領域に干渉による斑点状の露光むら(以下、スペックルと称する)を生じてしまう。

従来、このスペックルの除去方法としては、照明系の光路中に振動ミラー等を配し、ビームを振動させることにより、空間的コヒーレンシーを下げ、スペックルを低減(平均化)することが提案されている(特開昭58-226317号)。

しかしながら、本願の発明者の研究によれば、ビームを振動させることによりスペックルを効果的に消失させるためには、レーザーの発振パルスに同期して、照明系のフライアイレンズ等の強度分布均一化レンズ素子のレン

ズエレメントの配列に対応した回数だけビームを二次元的に振る必要があることが明らかとなっている。従って、上述の方法では、振動ミラー等により二次元的に相当回数ビームを振る必要があるため、適正露光量を短時間に得ることが困難となり、適正露光を確保するためにはスループットを大幅に低下させねばならないという問題点がある。

この問題点を補うものとして、第4図に示すエキシマレーザー光源が開発されている。この型のレーザー光源は、前述の安定共振器型レーザー光源の共振器中にエタロン、プリズム、回折格子等の分散素子13を狭帯化手段として配設したものであり、出射するレーザービームのスペクトル幅を狭く( $\Delta\lambda \approx 0.003\text{nm}$ )している。その出射レーザービームの特徴は、分散素子13を設けたことにより時間的コヒーレンシーが向上しており、また、インジェクションロック型に比して空間的コヒーレンシーが低いことである。

#### 【発明が解決しようとする課題】

上記のような分散素子を備えた安定共振器型レーザー光源は、空間的コヒーレンシーが低いことから、インジェクションロック型と異なりスペックルは発生しないと予想されていた。しかしながら、実際には僅かながらスペックル(干渉縞)が発生しており、集積回路の微細パターン形成の妨げになることが判明している。

この発明は、係る点に鑑みて成されたものであり、その目的とするところは、スペックルを生じる恐れのない照明装置を提供することである。

#### 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明の照明装置は、出力すべきレーザービームのスペクトル幅を狭帯化する手段を備え、縦横比が異なる断面形状のレーザービームを出力する安定共振型レーザー光源と、

この光源から出力されたレーザービームをその進行方向に対して平行に、且つ前記レーザービームの断面の短手方向に沿ってほぼ等間隔に配列された複数のレーザービームに分割するとともに、この分割された各々のレーザービームにレーザービームの可干渉距離よりも大きな光路差を与える分割手段と、

この分割手段により分割された複数のレーザービームを適宜径に集めて被照射対象を照明する照明手段とを備え、

前記レーザー光源と前記照明手段との間の光路中に、入射してきたレーザービームを偏光の異なる複数のビームに分割する複屈折素子が配置されていることを特徴とするものである。

#### 【作用】

本発明に係る照明装置においては、レーザー光源としてスペクトル幅を狭帯化する手段を備えたものを採用しているため、単色性の優れたレーザービームが得られる。

この光源から出射されたレーザービームは、分割手段に

(3)

第2526988号

よってビーム断面の短手方向に対して平行かつ等間隔に配列された複数のレーザビームに分割されるが、これは下記の理由に基く。

レーザの空間的コヒーレンスは、レーザビームの断面内の光の可干渉性であり、レーザのモード数が少ない程高くなる。一般に、レーザのモード数は、

$$d^2/\lambda L$$

(但し、 $d$ :レーザのビーム径(アパーチャ径)

$L$ :共振器長さまたはレーザ光のパルスの長さ)

で表わされる。

レーザビーム断面形状の典型的な例として、 $20\text{mm} \times 7\text{mm}$ のビーム断面形状の場合、

$L=4\text{m}$ ,  $\lambda=0.25\mu\text{m}$ とすると、長手方向のモード数は約400、短手方向のモード数は約50となり、長手方向と短手方向とは1桁近く異なる。

このことは、スペckルはビーム断面の短手方向に発生しやすいことを示している。例えば、半導体ウエハ面(矩形面)上にマスクを投影する際には、ウエハ面上にビーム断面の短手方向に並んだ格子状のスペckルパターン(干渉パターン)を生じることになる。

従って、このスペckルを消すためには、短手方向のモード数を等価的に増やせば良い。

その方法としては、レーザビームを分割し、その分割された各ビームを互いにインコヒーレント(非可干渉性)にして、短手方向に多数並べてやればよい。この並べる個数は多ければ多い程良いが、現実的には長手方向のモード数と等しくなる程度が適当である。例えば、前述の例の場合では、 $400/50=8$ 個並べるのが適当である。

この場合、分割された各レーザビームをインコヒーレントにする手段としては、二通り考えられる。

その一つは時間的コヒーレンスを利用したものであり、分割された各レーザビームにレーザビームの可干渉距離よりも大きな光路差を与える分割手段を採用することにより、各ビームを互いにインコヒーレントにすることができる。

もう一つは、互いに直交した偏光は互いに干渉しないことを利用したものである。これは、分割手段として複屈折結晶(例えば、方解石、水晶、 $\text{MgF}_2$ 、KDP、ADP等)を採用することにより、互いにインコヒーレントな二分割ビームが得られる。但し、この方法では二分割しか適用できないため、本発明においては、上記時間的コヒーレンスを利用した手段を採用する。

なお、ビーム断面の短手方向のモード数を増やすと、長手方向よりも短手方向が長くなってしまふことが考えられる。例えば、前述のレーザビームの断面形状の例において、長手方向と短手方向とのモード数を等しくした場合は、長手方向20mmに対して、短手方向 $7 \times 8 = 56\text{mm}$ となる。そこで本発明においては、整形光学手段により、分割されたビームを適宜径に集めて被照射対象を照

明する。このことはビームの拡散性を等しくすることにもなる。

例えば、エキシマレーザのビームの拡散角は、通常は長手方向:3mrad程度、短手方向:1mrad程度であるが、この場合、整形光学手段として短手方向を1/3縮める光学系を採用すると、短手方向のビーム拡散角は、3倍の3mradとなる。従って、両方向のビーム拡散角が同程度になる。

[実施例]

以下、添付図面を参照して本発明の実施例について説明する。

なお、以下の説明ではレーザビームの一例として、ビーム断面の短手方向幅が約7mm、拡散角が約3mrad×1mradのエキシマレーザを例にあげて説明する。

第1図は本発明の一実施例を示す構成図である。

図において、共振器内に分散素子をもつ安定共振器型のエキシマレーザ発振装置(図示せず)から出射したレーザビーム1は、ビーム分割器2に入射する。このビーム分割器2は、石英板の両面に反射膜を付けた平行板であり、その反射面a, b, c, d, eの反射率は、各々75%, 66.5%, 50%, 0%, 100%である。すなわち、ビーム分割器2に入射する前のレーザビーム1の強度のほぼ25%のビームが4本出力される。このビーム分割器2を成す石英板の厚さは、各々のビームの光路差が干渉距離 $\lambda/2$ よりはるかに大きくなるように十分厚く設定されている。

従って、これらのビームは互いにインコヒーレントである。さらに、このビーム分割器2は各ビームの光軸が互いに約14mmずれるように、傾きを調節してある。

このビーム分割器2から出力された4本のビームは、複屈折結晶(例えば、方解石、 $\text{MgF}_2$ 、水晶、KDP、ADP等)3によって各々偏光の異なる2本のビームに分けられる。従って、合計では8本のビームに分けられることになる。この場合、異なる偏光は互いに干渉しない故、8本のビームは互いに干渉しない。

この複屈折結晶3は、結晶の種類に応じて方位厚さを適宜に加工してあり、2本のビームの中心の間隔は互いに約7mm離れるようにしてある。

従って、8本の各ビームのうち、隣り合うビームは互いに中心が約7mm離れている。各ビームの短手方向幅は各々約7mmであるから、全体では約 $20\text{mm} \times 56\text{mm}$ のほぼ一様なビームとなる。

一方、このビームの拡散角は約3mrad×1mradであるが、このビームをシリンドリカルレンズ4a, 4bによるビーム整形光学系で約 $20\text{mm} \times 20\text{mm}$ のビームに集束する。すると、拡散角は約3mrad×3mradとなる。

以上は、レーザビーム1の断面形状が長方形に近い場合について述べてきたが、勿論、レーザビーム1の断面形状が正方形に近い場合でも同様に適用でき、またビーム分割器2で分割したビーム同士が一部重ね合わされる

(4)

第2526986号

ようにしてもよい。

【発明の効果】

以上説明したように本発明に係る照明装置よれば、レーザービームを分割するとともに、分割された各々のレーザービームにレーザービームの可干渉距離よりも大きな光路差を与えているため、互いにインコヒーレントなビームが得られる。また、この分割された各ビームはビーム断面の短手方向に対して配列されているため、短手方向のモード数が増し、空間的コヒーレントの低いビームとなる。

従って、この分割された各ビームを適宜後に集束してなるビームは、結果的にスペックルを生じる恐れがない。

なお、このビームは、レーザー光源としてスペクトル幅を狭帯化する手段を備えたものを採用しているため、時間的コヒーレンスが高く、単色性も優れていることは述べるまでもない。

従って、本発明に係る照明装置を、例えば集積回路製造用露光装置に用いれば、極めて均一な露光を得ることが可能である。

また、スペックル除去のためにビームを相当な回数振動させる必要がないため、スループットを低下させることなく適正露光量を確保できる。同様の理由により、振動ミラー等を設ける必要がないため、装置構成も簡便である。

本発明に係る照明装置は、以上のように優れた効果を有するものであり、集積回路製造用露光装置や光CVD装置等に好適なものである。

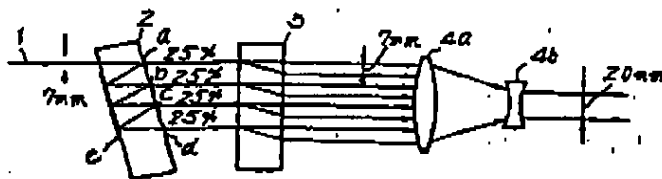
【図面の簡単な説明】

第1図は本発明の実施例に係る構成図、第2図～第4図は各々従来装置に係る模式図である。

【主要部分の符号の説明】

1……レーザービーム、2……ビーム分割器  
4a, 4b……シリンドリカルレンズ

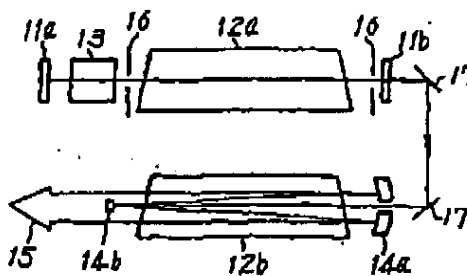
【第1図】



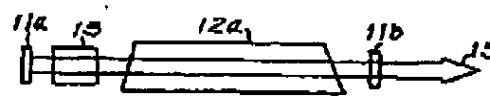
【第2図】



【第3図】



【第4図】



Lighting device - with beam surface of pulse laser oscillators output laser beam wave lengths of twist angle. NoAbstract. Dwg 2/5  
 Patent Assignee: NIPPON KOGAKU KK

## Patent Family

Patent Number	Kind	Date	Application Number	Kind	Date	Week	Type
JP 63159837	A	19880702	JP 86306360	A	19861224	198832	B
US 4851978	A	19890725	US 87135378	A	19871221	198937	
JP 95086647	B2	19950920	JP 86306360	A	19861224	199542	

Priority Applications (Number Kind Date): JP 86306360 A ( 19861224)

## Patent Details

Patent	Kind	Language	Page	Main IPC	Filing Notes
JP 63159837	A		9		
JP 95086647	B2		6	G03B-027/54	Based on patent JP 63159837

## Abstract:

JP 63159837 A

The illumination device forms a secondary light source having  $N$  spots by vibrating a laser beam having a wavelength  $\lambda$  emitted from a pulse laser by a vibration mirror having a swing angle  $\theta(0)$  and irradiates an object to be illuminated through a number of lens elements arranged at a spacing  $d$ . Those elements meet relations of:  $d \leq m \cdot (\lambda / \theta(0))$

$N \cdot (\lambda / \theta(0))$  greater than  $M \cdot d$ .

where  $M$  is the number of lens elements in a predetermined array direction of the lens elements included in at least a spatial coherent area and  $m$  is any integer. Light intensity of the pulsed laser illumination is adjusted such that a total light intensity of the laser beam having pulses satisfying the above relations is equal to a light intensity reqd. for the object to be illuminated.

ADVANTAGE - Provides uniform intensity without speckle. (First major country equivalent to J63159837)

1/10

Derwent World Patents Index

© 2003 Derwent Information Ltd. All rights reserved.

Dialog® File Number 351 Accession Number 7590538



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許出願公告番号

特公平7-86647

(24) (44) 公告日 平成7年(1995)9月20日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	P I	技術表示箇所
G 0 3 B 27/54		Z		
G 0 3 F 7/20				
H 0 1 L 21/027				
H 0 1 S 3/101				
	7352-4M		H 0 1 L 21/ 30	5 0 4
				発明の数1(全 6 頁)

(21) 出願番号 特願昭61-306360  
 (22) 出願日 昭和61年(1986)12月24日  
 (65) 公開番号 特開昭63-159837  
 (43) 公開日 昭和63年(1988)7月2日

(71) 出願人 999999999  
 株式会社ニコン  
 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号  
 (72) 発明者 市原 裕  
 東京都品川区西大井1丁目6番3号 日本  
 光学工業株式会社大井製作所内  
 (74) 代理人 弁護士 佐藤 正年

審査官 日高 賢治

(56) 参考文献 特開 昭61-212816 (J P, A)  
 特開 昭63-81420 (J P, A)  
 特開 昭63-81882 (J P, A)  
 特開 昭63-44726 (J P, A)

(54) 【発明の名称】 照明装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 パルスレーザを光源とし、これから出力された波長 $\lambda$ のレーザ光を振動ミラーによって振動させることによりスポット数 $N$ の二次光源を形成し、このレーザ光を、間隔 $d$ の複数のレンズ素子に対して振れ角 $\theta$ で入射させ、該複数のレンズ素子を介したレーザ光を照明対象に照射する照明装置において、前記複数のレンズ素子のうち、少なくとも空間的可干渉領域に含まれるレンズ素子の所定の配列方向の個数 $M$ 、適当な整数 $m$ に対して、 $13 \leq d = m (\lambda / \theta) \leq N (\lambda / \theta) > M$ を満足するように構成すると共に、この条件を満たすパルス数のレーザ光の全光量が照明対象の必要光量となるように、前記パルスレーザの照明対

象に対する光量を調整する光量調整手段を備えたことを特徴とする照明装置。

【発明の詳細な説明】

【産業上の利用分野】

この発明は、レーザを光源とする照明装置にかかるものであり、特に、集積回路の製造に用いられる露光装置などに好適な照明装置に関するものである。

【従来の技術】

従来、集積回路の製造に使用されている露光装置の光源としては、主として超高圧水銀ランプが用いられてきた。

しかし最近では、集積回路の集積度が日々向上しており、従来以上の線幅精度が要求されるに至っている。このため、上述した超高圧水銀ランプに代って、エキシマレーザ等の短波長高出力レーザが露光光源として用い

10

(2)

特公平7-86647

られ始めている。

ところが、特にインジェクションロッキングを用いたレーザーなどの波長幅が狭いレーザーを用いると、干渉によりスペックルが発生し、微細パターン形成の妨げとなる。従来、このようなスペックルの発生を防ぐため、第2図に示すような照明装置が使用されている。

第2図において、レーザー光源10から出力されたレーザー光LBは、レンズ12, 14を各々透過して、偏向ミラーないし振動ミラー16に入射し、ここで曲折されてレンズ18を透過し、位置PAにスポットを形成する。

更にレーザー光LBは、コンデンサレンズ20によって集光されて、レチクルRに入射し、これを透過して、例えば両側テレストリックな投影光学系22に入射する。

この投影光学系22は、前群投影レンズ22Aと、後群投影レンズ22Bとを有しており、これらを透過したレーザー光LBは、ウエハWに入射される。これによって、レチクルR上の回路パターンがウエハW上に露光投影されることとなる。

以上のような装置について、更に説明すると、レーザー光LBは、レンズ12, 14によって、径が広げられたのち、振動ミラー16に入射するが、露光中この振動ミラー16を振ることによって、位置PAに広がった二次光源が形成される。

この二次光源の像は、さらにコンデンサレンズ20と、投影光学系22中の前群投影レンズ22Aとによって、投影光学系22中の像位置22Pに結像される。

以上のような二次光源の各集光点からの光は、インコヒーレントとみなすことができるので、ウエハW上にはスペックルは発生しない。

【発明が解決しようとする問題点】

しかしながら、以上のような照明装置では、レチクルR及びウエハW上の光強度分布が均一とならず、ガウス分布ないしそれに近似する分布となる。

そこで、通常かかる光強度分布の均一性を確保するため、位置PAの二次光源とコンデンサレンズ20との間に、コリメータレンズとフライアイレンズ（図示せず）とを各々挿入し、このフライアイレンズによる光源像群を投影光学系22の像位置22Pに結像することとしている。

ところが、この像位置22Pの光は、振動ミラー16を振動させても、一般的にはインコヒーレントとはならず、互いに干渉してウエハW上にスペックルが発生することとなる。

この発明は、以上のような問題点を解決し、光源がレーザー光であっても、均一で、かつ、スペックルを生じない照明装置を提供することを、その目的とするものである。

【問題点を解決するための手段】

本発明は、パルスレーザーのレーザービームを振ることによって形成される二次光源の強度分布（ないし光源像の大きさ）、および、複数のレンズ素子の少なくとも空間的

可干渉領域に含まれるレンズ素子配列構成を、レーザー光の波長および照明対象に対する必要照明量を考慮して定めることにより、上記問題点を解決しようとするものである。

すなわち、この発明は、パルスレーザーの波長の $\lambda$ 、振動ミラーによって形成される二次光源のスポット数 $N \times N'$ （2次元配列として）、二次光源から複数のレンズ素子へ入射するレーザー光の振れ角 $\theta$ 、複数のレンズ素子の間隔 $d$ 、これらのレンズ素子のうち、少なくとも空間的可干渉領域に含まれるレンズ素子の一次元方向の配列個数 $M$ 、適当な整数 $m$ に対して、

$$d = m \cdot (\lambda / \theta) \quad (1)$$

$$N \cdot (1 / \theta) > M \cdot d$$

となるように各部分を構成するとともに、これらの条件を満たすパルス数のレーザー光の全光量が照明対象の必要光量となるように、前記パルスレーザーの照明対象に対する光量を調整する光量調整手段を備えたことを技術的要点とするものである。

【作用】

この発明によれば、少なくとも空間的可干渉領域に含まれるレンズ素子が、二次光源の強度分布のフーリエ変換が零となる位置に配列されるため、ファン・シッターツェルニケ（Van Cittert-Zernike）の定理によりそれらのレンズ素子を透過するレーザー光間で干渉が実際上生じない。

また、全体としての照明光量が、光量調整手段によって調整され、照明対象には、必要な量の照明光が送られる。

【実施例】

以下、本発明の実施例を、添付図面を参照しながら詳細に説明する。なお、上述した従来技術と同様の部分には、同一の符号を用いることとする。

第1図には、この発明にかかる照明装置の一実施例が示されている。この図において、上述したレーザー光源10から出力されるパルスレーザー光LBは、減光フィルタ24、レンズ12, 14を各々透過して、振動ミラー16に入射するようになっている。

次に、この振動ミラー16によって光軸が曲折されたレーザー光LBは、レンズ18を透過してコリメータレンズ26に入射するようになっており、これによって平行光束化されたレーザー光LBは、複数のレンズ素子を有するフライアイレンズ28に入射するようになっている。

更に、このフライアイレンズ28を透過したレーザー光LBは、上述したようにコンデンサレンズ20によって集光され、これによって、レチクルRの回路パターンの露光投影が、投影光学系22によってウエハWに行なわれるようになっている。

一般的には、以上のような光学系では、上述したようにスペックルを生じるが、レーザー光LBの露光パルス数および振動ミラー16の振れ角によって定められる二次光源Q

(3)

特公平7-86647

5

の強度分布と、フライアイレンズ28を構成するレンズ素子の配列構成との関係を適宜に調整制御することにより、スペckルを低減するとともに、光量分布の均一化を図ることができる。

以下、この実施例における上記条件について、詳細に説明する。

一般に、ファン・シッターフェルニケ (Van Cittert-Zernike) の定理によれば、2点間における光の干渉性の程度を表わす複素コヒーレンス係数は、光源の強度分布のフーリエ変換で表される。

ところで、上記実施例では、位置PAに二次光源Qが形成される。

そこで、フライアイレンズ28から二次光源Qを見たときの該二次光源Qの強度分布と、そのフーリエ変換とを示すと、第3図および第4図のようになる。

第3図には、二次光源Qの強度分布が各々示されており、第4図には、それらのフーリエ変換が各々示されている。

なお、これらの図の例は、いずれも一次元モデルであるが、これらを二次元に拡張することは容易である。

第3図および第4図中、(A)は、二次光源Qの強度分布が均一な分布を有する場合、(B)ないし(E)は、二次光源Qの強度分布が離散的に分布している場合で、例えばパルスレーザをレーザ光源として用いた場合には、このような分布となる。なお、第3図において、「 $\theta_0$ 」は、フライアイレンズ28に入射するレーザ光の入射角の変動角度(以下、振れ角と称する)である。尚、第3図(B)～(E)に示した矢印の矢々はパルスレーザの発生を意味し、振れ角 $\theta_0$ の範囲で最後に発生すべきパルスを省略する必要がある。

これらのうち、第4図(B)ないし(E)を参照すると明らかなように、N個の等間隔( $\theta_0/N$ )な二次光源スポットに対し、フーリエ面(すなわちフライアイレンズ面では、同じく等間隔( $\lambda/\theta_0$ ))でN-1個の零点がある。なお、「 $\lambda$ 」は、レーザ光LBの波長である。

かかる零点の位置では、上述したファン・シッターフェルニケの定理により、複素コヒーレンス係数は「0」となる。

従って、二次光源Qのスポット数Nに対し、同数値以

\*  
 $\lambda$ 

$$(\theta_0 / N) < \frac{\lambda}{M \cdot d} = \theta_0 / m \cdot M \quad \dots \dots (5)$$

$N > m \cdot M$   
となる。

..... (6)

※従って、フライアイレンズ28へ入射するレーザ光の振れ角の振幅(最大値)は、

$$\frac{N-1}{N} \theta_0 = m \frac{N-1}{N} \frac{\lambda}{d} \quad \dots \dots (7)$$

で表わされることとなる。

また、二次光源Qのスポット間隔に対応した振れ角は、

$$\theta_0 / N < \lambda / M \cdot d$$

..... (8)

50 の関係となる。

6

\*下、すなわちN個以下の個数のレンズを、かかる間隔d( $\lambda/\theta_0$ )で配列するようにすれば、これらの各レンズを通過したレーザ光LBは、互いに干渉しなくなる。

なお、逆に、フライアイレンズ28を構成する各レンズ素子の間隔dが決まっているときは、これに応じた振れ角度 $\theta_0$ で入射レーザ光LBを振動させるようにすればよい。まとめると、レーザ光LBの波長を $\lambda$ 、振動ミラー16によって振動するレーザ光のフライアイレンズ28上での振れ角度を $\theta_0$ 、フライアイレンズ28の構成レンズ素子の間隔を一次元方向にdとすると、

$$d = \lambda / \theta_0 \quad \dots \dots (1)$$

の関係が満たされたときに、スペckルの生じない均一な照明を行うことができる。

なお、第5図を参照しながら説明するように、上述した(1)式は、適宜の整数mに対して、

$$d = m (\lambda / \theta_0) \quad \dots \dots (2)$$

に拡張して考えることができる。

第5図(A)には、二次光源Qのスポット数Nが4の場合の強度分布が示されており、同図(B)には、スポット数Nが2の場合が示されている。これらのフーリエ変換は、同図(C)および(D)に各々示されている。これらの図から明らかなように、フーリエ面における零点位置の間隔は異なるものの、間隔自体はいずれも零点となる。

ここで、同図(A)における振動ミラー16により振動するレーザ光のフライアイレンズ28上での振れ角を $\theta_{01}$ とし、同図(B)の振れ角を $\theta_{02}$ とすると、 $d = \lambda / \theta_{01} = 3 \lambda / \theta_{02}$ となる。従って、一般的には、適宜の整数mに対して、

30 (2)式が成り立つ。

次に、以上のようなレーザ光LBが互いに干渉しない条件について、更に詳細に説明する。

上述した間隔dのフライアイレンズ28の各構成レンズの配列個数を所定の配列方向でMとすると、

$$N (\lambda / \theta_0) > M \cdot d \quad \dots \dots (3)$$

を満たすようにしてやればよい。

これらの(2)、(3)式を書きなおすと、

$$\theta_0 = (m \cdot \lambda) / d \quad \dots \dots (4)$$

となり、また、

(4)

特公平7-86647

7

次に、最終的な振動ミラー16の振角は、レンズ18とコリメータレンズ26との倍率によって補正する。

すなわち、レンズ18と、コリメータレンズ26の焦点距離が、各々 $f_a$ ,  $f_b$ であるとする、振動ミラー16の振角が、フライアイレンズ28の入射光束の振れ角の $(f_b/f_a)/2$ 倍となるようにすればよい。

以上のように、レーザ光LBの波長 $\lambda$ に対し、二次光源のスポット数および分布幅、フライアイレンズ28のレンズ素子の配列個数および素子間隔を、各々決定することにより、良好にレーザ光LBのスペックルを本質的には除去することができる。

しかしながら、実際の露光作業では、露光パルス数、すなわち二次光源Qのスポット数 $N$ を任意に選ぶことはできない。というのは、露光パルス数 $E$ は、ウェハW上に形成されたレジスト層の感光の程度との兼ね合いで定められ、最適露光量によって決定されるからである。

今、最適露光量を $I_0$ 、レーザ光LBの1パルス当りの露光量を $I$ とすると、露光パルス数 $E$ は $I_0/I$ となる。

これが、上述した二次光源Qのスポット数 $N$ の整数倍と一致しなければならない。すなわち、かかる整数を $n$ とすると、

$$E = nN = I_0/I \quad \text{..... (9)}$$

となることが必要である。

一方、露光装置用のフライアイレンズ28は、二次元状の平面パターンを投影露光を行うため、通常直交方向に、全体で $M \times M$ 個のレンズ素子が等間隔に並べられている。すなわち、直交するX方向に $M$ 個、Y方向に $M$ 個のレンズ素子が各々配列されており、通常は $M_x = M_y$ である。

このような場合の露光パルス数 $E$ は、上述した(6)式の条件から、 $M_x \times M_y$ より大きくなければならない。

すなわち、

$$I_0/I > M_x M_y \quad \text{..... (10)}$$

の条件を満たす必要がある。

例えば、 $M_x = M_y = 10$ の場合、露光パルス数は、100以上でなければならない。

従って、この条件を満たすため、まず、レーザ光LB1パルス当りの露光量 $I$ があらかじめ測定される。そして、その条件を満たさない場合には、減光フィルタ24の挿入あるいはレーザ光源10の電源(図示せず)の調整により、1パルス当りの露光量 $I$ を低減して上記条件を満たすようにする。

更に、フライアイレンズ28の配列方向に対応した二次光源スポット数を $S_x \times S_y$ とすると、 $I_0/I$ は $S_x \times S_y$ の整数倍であって、かつ、 $m_x$ ,  $m_y$ を整数として、

$$S_x > m_x M_x \quad \text{..... (11)}$$

$$S_y > m_y M_y \quad \text{..... (12)}$$

でなければならない。

通常 $M_x = M_y$ であるから $(I_0/I)^{1/2}$ に最も近く、かつ、 $M$ より大きい値を、二次光源Qのスポット数 $S_0$ とする。

8

また、

$$S_0 (S_0 - 1) < I_0/I, \leq S_0 S_0 \quad \text{..... (13)}$$

を満たす $S_0$ を求める。

さらに、

$$I_0/I \leq S_0 S_0 \quad \text{..... (14)}$$

であるので、

$$I_0/I \approx S_0 S_0 \quad \text{..... (15)}$$

となるように前記と同様な手段で $I_0$ を減らす。

これらの計算の基礎となる $I_0$ (及び $I$ )は、これらの露光以前の1回以上の露光時に $I_0$ をモニターし、その値から算出したものを用いる。

以上のようにして、各構成部分の条件が定められる。

次に、上記実施例の作用について説明する。レーザ光源10から出力されるレーザ光LBは、上述したように、最適露光量 $I_0$ が考慮されて、1パルス当りの露光量 $I$ が設定され、減光フィルタ24によって光量調節が行われる。

次に、かかるレーザ光LBは、レンズ12,14によって、そのビーム径が拡大され、振動ミラー16に入射する。この振動ミラー16の振動より、上述した(1)ないし(3)式に示す条件を満たすように定められた振れ角 $\theta$ でレーザ光LBが振られることとなる。

このレーザ光LBは、コリメータレンズ26、フライアイレンズ28を透過するため、レチクルR上では、レーザ光が均一に光量分布することとなる。

また、二次光源Qのスポット数とその分布幅、フライアイレンズ28のレンズ素子配列個数とその間隔とが、上述したように設定されているので、フライアイレンズ28を構成する各レンズ素子を各々透過したレーザ光LBが干渉してスペックルが発生するという不都合も生じない。

なお、本発明は何ら上記実施例に限定されるものではなく、例えば、フライアイレンズのレンズ素子の二次元配列個数は直交する方向で一致する必要はなく、異っていてもよい。

また、実際には、レーザ光源(例えばエキシマレーザ)の可干渉性(空間的コヒーレンス度)は、上述した数式が適用されるほど良好ではない。すなわち、フライアイレンズ全体を透過する光が干渉するのではなく、あるレンズ素子を透過したレーザ光と干渉するのは、そのレンズ素子近傍の数個のレンズ素子を透過したレーザ光のみである。

従って、上述した実施例においてフライアイレンズを構成するすべてのレンズ素子個数を示す $M_x \times M_y$ のかわりに、フライアイレンズ面での空間的な可干渉領域に含まれるレンズ素子の個数を用いるようにしても、実用的には、充分な効果を得ることができる。

具体的には、空間的な可干渉距離を $l$ とすると、フライアイレンズの構成レンズ素子の間隔 $d$ に対して、 $l/d$ よりも大きい数のうち、最も小さい整数を上記 $M_x \times M_y$ のかわりに適用すればよい。

更に、上記実施例は、露光装置に適用した場合である

50

(5)

特公平7-86647

が、その他の装置に対しても本発明は適用されるものである。

#### 【発明の効果】

以上のように本発明によれば、光源であるパルスレーザの波長に対し、照明対象の必要照明量を考慮しつつ、レーザ光の振動によって形成される二次光源の強度分布、フライアイレンズを構成するレンズ素子の配置構成、特に少なくとも空間的可干渉領域に含まれるレンズ素子の配置構成を定めることとしたので、照明の均一性を確保しつつ良好にスペクトルの低減を図ることができるという効果がある。

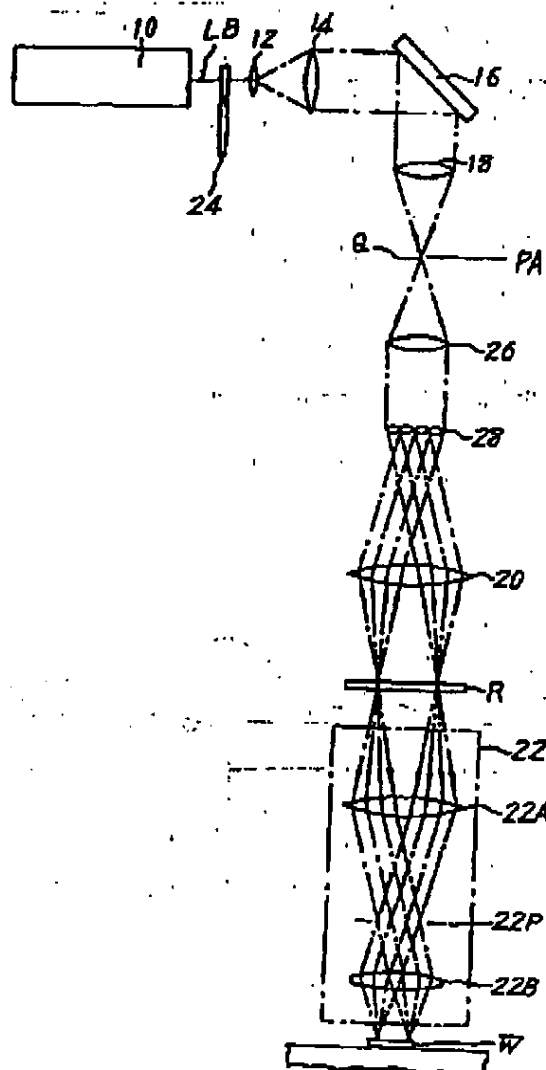
#### 【図面の簡単な説明】

第1図は本発明の一実施例を示す構成説明図、第2図は従来装置の一例を示す構成説明図、第3図二次光源の強度分布を示す線図、第4図は第3図の強度分布に対応するフーリエ変換の関係を示す線図、第5図は(2)式を説明するための線図である。

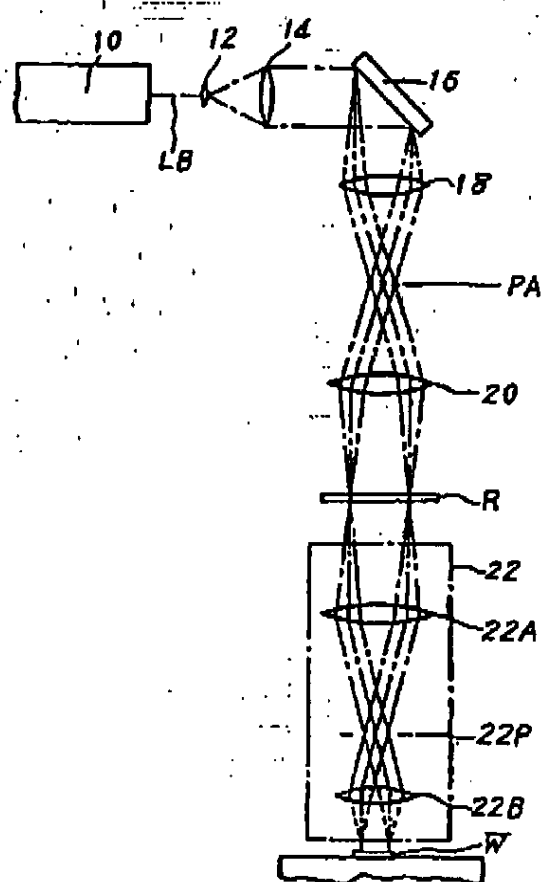
#### 【主要部分の符号の説明】

10……レーザ光源、16……振動ミラー、20……コンデンサレンズ、22……投影光学系、24……減光フィルタ、26……コリメータレンズ、28……フライアイレンズ、Q……二次光源、R……レチクル、W……ウェハ。

【第1図】



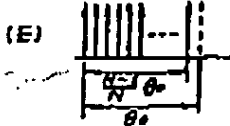
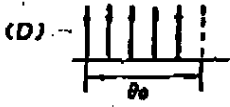
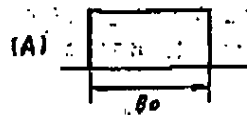
【第2図】



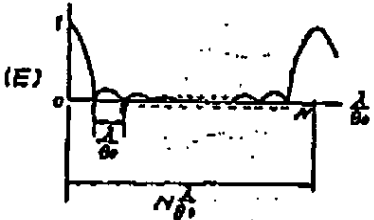
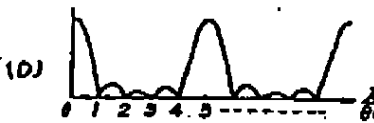
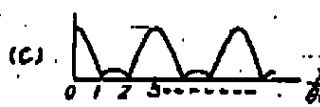
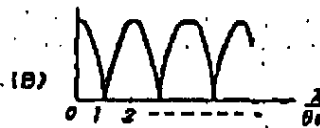
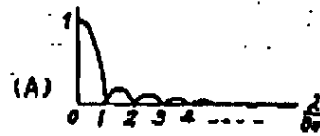
(6)

特公平7-86647

【第3图】



【第4图】



【第5图】

